УДК 681.3.01

Д.А. Береза
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна
den.intellcom@gmail.com

Програмне моделювання алгоритмів інтелектуальної обробки відеоданих в системах охоронного відеонагляду

У статті представлений огляд існуючих систем інтелектуальної обробки відеоданих в системах охоронного відеонагляду. Проводиться порівняльний аналіз методів детектування руху, що застосовуються в сучасних системах відеоспостереження. Також представлений опис та аналіз двох алгоритмів детекторів руху, що базуються на міжкадровій різниці.

Вступ

Охоронні системи, що призначені для попередження неправомірних дій, є комплексом технічних засобів та адміністративних заходів. Сучасні технічні засоби покращують такі важливі показники, як своєчасна реакція на правопорушення, кількість задіяного в охоронному комплексі персоналу, а також спрощують процеси прийняття рішень та необхідних дій у відповідь на порушення. Виходячи з вказаних факторів, удосконалення охоронно-технічних комплексів є актуальною задачею.

Одними з найпоширеніших технічних засобів є системи відеонагляду. Вони використовуються для охорони, забезпечення безпеки та спостереження за стратегічними об’єктами, такими як аеропорти, залізничні вокзали, енергетичні станції, для нагляду в офісних, торгових, промислових та складських приміщеннях, житловому секторі, об’єктах транспортної інфраструктури.

Проте, не зважаючи на значне поширення та постійний розвиток систем відеонагляду, існує велика кількість невирішених проблем. Однією з них є велике навантаження на операторів систем відеонагляду. Як правило, один оператор змушений спостерігати за двома моніторами, на які виводиться відеозображення з восьми та більше камер, що призводить до надмірного навантаження та втрати концентрації уваги оператора.

Так, за даними керівників вітчизняних охоронних підприємств вважається [1], що оператор відеонагляду здатен ефективно спостерігати за двома моніторами з чотирма каналами на кожному не більше ніж 45 хвилин. Після цього знижується сприйняття і оператор не здатен аналізувати те, що відбувається на моніторах. Дослідження, проведені Джимом Олдріджем з науково-дослідного підрозділу британської поліції, показали [2], що навіть при спостереженні на одному моніторі оператор з ймовірністю 30% може пропустити необхідний об’єкт.

Крім того, оператору для аналізу необхідний час. Вважається, що для осмислення отриманої відеоінформації потрібно не менше 2 секунд. Отже, аналізуючи зображення з восьми камер та переходячи послідовно від першої камери до восьмої, оператор не може виявити факт здійснення злочину, якщо його тривалість не перевищує 16 секунд.

Метою даної статті є висвітлення аспектів програмної реалізації та проведення порівняльного аналізу методів інтелектуальної обробки відеоданих у системах охоронного телебачення.

Огляд існуючих рішень

У зв'язку із стрімким ростом кількості цифрових систем відеонагляду підвищуються вимоги до обробки і аналізу відеоданих. Особливу увагу приділяють аналізу рухомих об'єктів. Для цього системи обробки відеоінформації оснащуються алгоритмами виявлення руху в кадрі, що значно підвищує ефективність використання систем та спрощує роботу операторів.

На практиці в охоронному телебаченні використовують декілька підходів до виявлення руху, проте всі вони базуються на порівнянні характеристик двох або декількох кадрів.

В основі алгоритмів перших програм лежали оцінки характеристик не всього кадру, а лише деяких його частин. Наприклад, на контрольоване зображення розставляли маркери та спостерігали за змінами яскравості в них, якщо ці зміни були більше заданої величини, то реєстрували рух [3].

Ще одним підходом до відеодетекції є розбиття всього зображення на мікроблоки $n \times m$ пікселів – зони, загальною кількістю N. Далі в кожній із зон (незалежно від сусідніх) обчислюється середнє значення яскравості і це відбувається регулярно через певні інтервали часу. Після кожного розрахунку проводиться порівняння N значень всіх зон з попередніми N значеннями. Далі, отримавши різниці значень, приймається рішення про те, чи зафіксований рух у кадрі.

Перевагами описаних детекторів руху є простота реалізації та невибагливість до обчислювальних ресурсів. Саме тому вони застосовувались в перших системах аналізу відеоданих.

До недоліків даних алгоритмів можна віднести значний вплив шумів при зменшенні розмірів зон та низьку просторову чутливість – при збільшенні. Також дані детектори чутливі до динамічної зміни освітлення, опадів, коливання дерев тощо.

Міжкадрова різниця. Зі зростанням обчислювальних потужностей з'явились детектори, що базуються на обрахунку міжкадрової різниці, коли порівнюється кожен піксель зображення.

Обчислення міжкадрової різниці [4] є дуже поширеним методом виявлення руху і застосовується в сучасних системах охоронного телебачення. Алгоритм обчислення:

– на вхід системи подається два кадри;

– відбувається обчислення попіксельно міжкадрових різниць;

– для кожного пікселя обчислюється середнє значення між значеннями трьох компонентів кольору (або рівень яскравості для монохромних зображень);

– середнє значення порівнюється із заданим порогом. У результаті порівняння формується двійкова маска в тих областях, де присутній рух.

Таким чином, на виході алгоритму формується двійкова маска, одному елементу якої відповідають три компоненти кольору відповідного пікселя вихідних двох кадрів. Одиниці в масці розташовуються в областях, де, можливо, присутній рух, проте на даному етапі можуть бути і помилкові спрацьовування окремих елементів маски. Як два вхідні кадри можуть використовуватися два послідовних кадри з потоку, однак

можливе використання кадрів з великим інтервалом, наприклад, рівним одному або трьом кадрам. Чим більшим є такий інтервал, тим вище чутливість детектора до малорухомих об'єктів, які реєструють лише вкрай малий зсув за один кадр і можуть відсікатися, будучи віднесеними до шумової складової зображення.

Алгоритм віднімання фону (метод базових кадрів) – служить для класифікації пікселів зображення на два класи, пікселі заднього (фон) і переднього плану [5], [6].

Описуючи метод міжкадрових різниць з побудовою маски руху як два вхідні кадри, ми ставили або два сусідніх кадри, або два кадри, взяті з невеликим інтервалом. Однак використання цього методу залишає можливість обчислювати різницю з деяким кадром, який би містив виключно нерухомі області фону (базовий кадр). Такий підхід дав би нам істотне збільшення ймовірності виявити будь-який об'єкт, як найповільніший, так і швидкий, причому саме в тій точці, в якій він знаходився в даний момент. В іншому разі цей метод називається методом віднімання або сегментації фону. Робота методу повністю аналогічна роботі алгоритму міжкадрової різниці з тією лише відмінністю, що різниця обчислюється між поточним і базовим кадром. Великою проблемою тут є спосіб побудови базового кадру, оскільки він повинен мати декілька властивостей:

– якщо кадр є кадром реального зображення, він повинен мінімально відставати за часом від поточного кадру;

– якщо базовий кадр готується штучно, він повинен містити мінімальну кількість рухомих елементів, інакше неминучі хибні спрацьовування на об'єкти, яких на поточному кадрі вже немає, проте базовий кадр містить деякі їхні елементи;

– мінімальний рівень шуму. Перед оновленням базового кадру необхідно проводити фільтрацію.

Реалізація алгоритмів міжкадрової різниці та віднімання фону

Для програмної реалізації алгоритмів використовувалась бібліотека для обробки зображень Open Source Computer Vision Library (OpenCV) [7]. Під час досліджень була використана мережна відеокамера Axis 211A, з роздільною здатністю 640x480 пікселів. Обробці піддавалися кадри, отримані від камери в форматі MPEG 4. Для підключення та отримання даних із IP камери була застосована програма VH Multi Cam Studio, що емулює пристрій відеозахвату (Video Capture Device), котрий може бути підключений до сторонніх програмних додатків.

Опис алгоритму міжкадрової різниці. Представимо кадр зображення, взятий в момент часу t_i, як множину I_i точок (x, y), а кадр зображення, взятий в момент $t_i + 1$, як множину J_i. Нехай $c_i(x, y)$ – функція яскравості точки зображення, визначена на множинах I_i і J_i. Один з найбільш простих методів для визначення рухомих областей між двома кадрами зображення I_i і J_i базується на порівнянні відповідних точок цих двох кадрів. Різницею між двома кадрами зображення, взятими в моменти часу t_i і $t_i + 1$, є така множина [4]:

$$F(i,j) = \begin{cases} |I(i,j) - J(i,j)| \le \theta, \\ |I(i,j) - J(i,j)| > \theta. \end{cases}, \quad (1)$$

де θ – значення рівня порогу, що вибирається таким чином, щоб відділити точки, в яких кадри зображення значно відрізняються один від одного, від точок, в яких за час $t_i - t_j$ відбулись незначні шумові перепади яскравості. Зображення $F(i, j)$ містить області руху об'єктів і різного роду шуми, що спотворюють реальний кадр.

Алгоритм був реалізований за допомогою бібліотек OpenCV. Приклад його роботи представлений на рис 1.

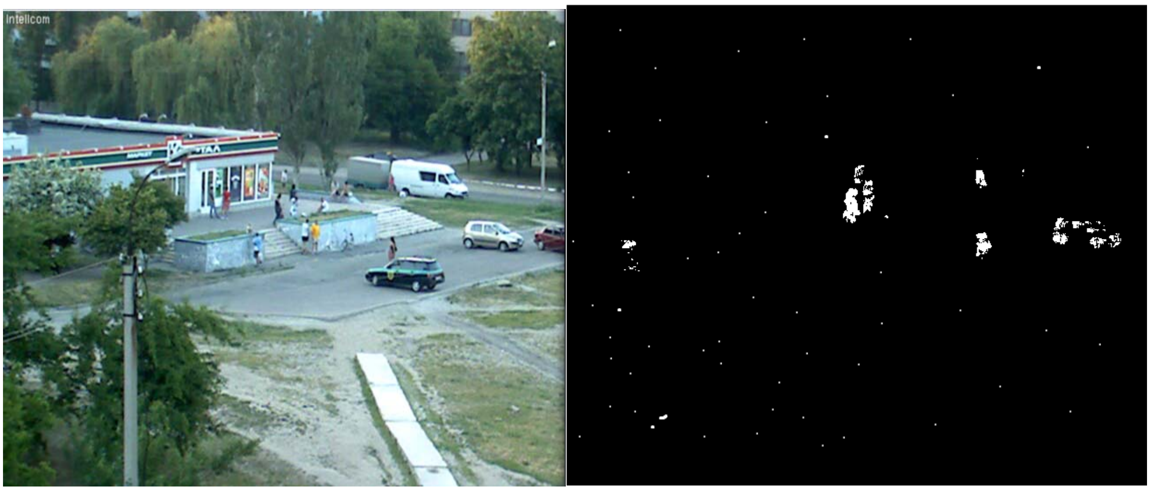


Рисунок 1 – Приклад роботи алгоритму міжкадрової різниці

Описаний метод був випробуваний на потоці даних з відеокамери, встановленої на висоті 15 метрів (рис. 1), ширина області спостереження ≈ 80 м, умови спостереження – сутінки, освітлення 70 – 60 люкс.

Відношення рухомих об'єктів (людей) до розміру загального кадру становить приблизно 5%, білим фоном (зображення у правому вікні) виділяються області, в яких був виявлений рух. Результати експерименту свідчать, що метод, не зважаючи на свою простоту, показує досить точні результати з виявлення руху в кадрі. Проте даний метод дає хибні спрацювання на білий шум в кадрі, на зображенні зліва видно значну кількість яскравих точок по всьому кадрі.

Опис алгоритму віднімання фону. Нехай C – множина пікселів заднього плану, D – переднього. Кожен піксель фону зображення моделюється за допомогою нормально розподіленої випадкової величини ξ:

$$C \sim N(\xi, m, \sigma^2), \qquad (2)$$

де m – вибіркове середнє значення, σ – середнє квадратичне відхилення.

У залежності від розмірності кольорового простору зображення буде змінюватись і розмірність випадкової величини.

Перші n кадрів відбувається навчання моделі і оцінюються параметри m та σ. Всі пікселі відносяться до заднього плану. Вибіркове середнє та середнє квадратичне відхилення для кожного пікселя розраховуються за формулами:

$$m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i\ , \quad \sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - m\right)^2}, \qquad (3)$$

де x_i, $i = \overline{1,n}$ – значення в пікселі по перших n кадрах.

Нехай x – значення пікселя в даному кадрі. Якщо

$$\frac{|m-x|}{\sigma} \le e, \tag{4}$$

то даний піксель відноситься до фону, в протилежному випадку – до переднього плану. Параметр e впливає на чутливість алгоритму.

Якщо даний піксель був віднесений до фону, то відбувається оновлення його статистичних параметрів. Оновлення статистики можна проводити не з кожним кадром, а через визначені відрізки часу, наприклад, раз в секунду. Частота оновлень залежить від сцени, за якою ведеться спостереження.

Якщо даний піксель був віднесений до пікселів переднього плану, то оновлення статистики відбувається в залежності від часу віднесення об’єктів до заднього плану.

Проведені випробування методу показали, що даний метод краще усуває шуми в порівнянні з методом міжкадрової різниці та чіткіше визначає границі рухомих об’єктів в кадрі (рис. 2).

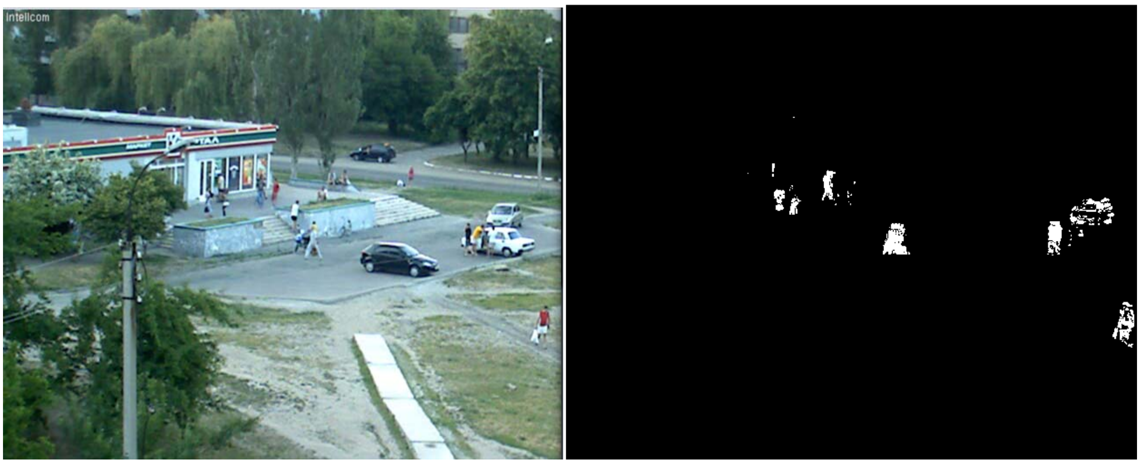


Рисунок 2 – Приклад роботи алгоритму віднімання фону

Також алгоритм був протестований в умовах нічної зйомки, при динамічно змінному освітленні і відсутності рухомих об’єктів в зоні спостереження (рис. 3). Як результат маємо зафіксований рух на досить значній частині кадру, що класифікується як хибна тривога.

До недоліків даного методу можна віднести:

– реакцію на швидкі зміни освітлення;

– відсутність визначення тіней.

Перевагами методів міжкадрової різниці є:

– адаптація до повільної зміни освітлення (день – ніч);

– висока точність для визначення об’єктів, що рухаються;

– простота і невимогливість до обчислювальних ресурсів;

– детектування об’єктів, що рухаються з малою швидкістю.

Отже, дані методи можливо використовувати на перших етапах обробки відеоданих, коли потрібно лише визначити, чи присутній рух у кадрі та встановити область рухомого об’єкта.



Рисунок 3 – Робота алгоритму в умовах швидкої зміни освітлення

Висновки

Таким чином, були досліджені методи обробки потокового відеоматеріалу, зокрема модифікації алгоритмів детекторів руху. Результати експериментів показали, що дані детектори не справляються з видами руху, спричинених шумами, опадами, динамічною зміною освітлення, рухом тіней тощо, що призводить до хибних тривог систем відеонагляду та збільшує навантаження на оператора.

На сьогодні вже недостатньо констатації руху в кадрі, необхідно виділяти та розпізнавати об’єкти, що рухаються, відстежувати їх переміщення, проводити аналіз поведінки.

Розпізнавання рухомих об’єктів в системах відеонагляду ускладнюється багатьма факторами, серед них зміна освітлення та кольору при переході з денного режиму роботи камер в нічний, періодична зміна фону, різноманітність представлення образів для розпізнавання, адже один і той же об’єкт може мати різний вигляд (наприклад, людина може бути по-різному вдягнена, змінювати положення тіла тощо).

Зазначимо, що актуальною задачею в системах відеонагляду є впровадження систем інтелектуального аналізу відеоданих в реальному часі.

Література

1. Крахмалев А. Эффективность прямого видеонаблюдения и величина нагрузки на оператора видеонаблюдения / А. Крахмалев, А. Михайлов // Информост. – 2008. – № 2.
2. Dr Craig Donal. How many monitors should a CCTV operator view? / Dr Craig Donal. // Spring, CCTV Image. – 2005

3. Руцков М.В. Видеодетекторы – взгляд изнутри / М.В.Руцков. // Гротек СБ. – 2003. – № 1 (49).
4. Дэвид А. Форсайт. Компьютерное зрение. Современный подход / Дэвид А. Форсайт, Джин Понс // Вильямс. – 2004, 1 кв. – 928 с.
5. Нужный С.П. Детектор движения в цифровой системе охранного видеонаблюдения / С.П. Нужный, Н.И.Червяков.
6. Gary Bradski. Learning OpenCV / Gary Bradski, Adrian Kaehler. // O'Reilly Media, Inc. – 2008.
7. Черкаєв О.А. Розробка методів обробки відеозображень під час охорони об'єктів великої протяжності / Черкаєв О.А.

Literatura

1. Krahmalev A. M. Informost. № 2. 2008.
2. CraigDonal. CCTV Image. Spring 2005.
3. M.V.Ruckov. Videodetektory – vzgljadiznutri. "Grotek SB". № 1 (49). 2003.
4. Djevid A. Forsajt, Dzhin Pons. Komp'juternoe zrenie. Sovremennyj podhod. 2004. Vil'jams. 928 s.
5. Nuzhnyj S.P. Detektor dvizhenija v cifrovoj sisteme ohrannogo videonabljudenija.
6. BradskiG.Learning Open CV. O'Reilly Media, Inc. 2008
7. Cherkayev O. A. Rozrobka metodiv obrobky videozobrazhen' pid chas oxorony ob'yektiv velykoyi protyazhnosti.

Д.А. Береза

Программное моделирование алгоритмов интеллектуальной обработки видеоданных в системах видеонаблюдения

В статье представлен обзор существующих методов интеллектуальной обработки видеоданных в системах охранного видеонаблюдения. Проводится сравнительный анализ методов обнаружения движения, применяемых в современных системах видеонаблюдения. Представлено описание и анализ результатов реализации двух алгоритмов детекторов движения, базирующихся на межкадровой разности.

D.A. Bereza

Software Simulation of Intellectual Video Data Processing Algorithms in the Video Surveillance Systems

The paper presents the overview of existing intellectual video data processing algorithm, in the video surveillance systems. A comparative analysis of motion detection methods, which used in modern video CCTV systems, is submitted. The description and analysis of the implementations results of two motion detectors algorithms, which based on interframe difference, are presented.

Статья поступила в редакцию 22.06.2011.